

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Využití úhlových hlav pro technologii frézování strojních součástí

The Use of Angle Heads for Milling Technology of Machine Parts

Student: Tomáš Szotkowski

Vedoucí bakalářské práce: Ing. et Ing. Mgr. Jana Petruš, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Szotkowski**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Využití úhlových hlav pro technologii frézování strojních součástí**
The Use of Angle Heads for Milling Technology of Machine Parts

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky řešeného problému.
2. Popis stávající technologie výroby.
3. Návrh produktivní metody frézování vnitřních drážek.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěrečné zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [2] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [4] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [5] STEPHENSON, D. A.; AGAPIOU, J. S. *Metal cutting theory and practice*. New York : Marcel Dekker, Inc., 1997. ISBN 0-8247-9579-2.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**


Konzultant bakalářské práce: Ing. Henryk Nicielnik

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015


Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18. 5. 2015


podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18.5.2015


.....
Podpis

Jméno a příjmení autora práce: TOMÁŠ SZOTKOWSKI

Adresa trvalého pobytu autora práce: DOLNÍ LOKNÁ 272
43991 JABLUNKOV

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. et Ing. Mgr. Janě Petrů, Ph.D za cenné nápady, rady a vedení při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat kolektivu technologie ve firmě VÚHŽ a.s. jmenovitě panu Ing. Henryku Nicielnikovi, panu Ing. Tomáši Przeczkovi a panu Ing. Vilému Bárovi za cenné technické připomínky a nápady využité v mé práci a v poslední řadě bych rád poděkoval mé rodině a přítelkyni za podporu a silné nervy.

Obsah

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	1
ANNOTATION OF BACHELOR THESIS	1
Seznam použitého značení	2
Seznam použitých zkratk	4
Úvod	5
1. Úvod do problematiky řešeného problému.	6
Zvažované technologie:.....	7
Nákup nového obrážecího stroje:	7
Nákup protahovačky CKS 25A:.....	8
Výroba drážek na soustruhu – Systém HORN:.....	9
Výroba drážek drátovými rezačkami:	12
Výroba drážek úhlovými hlavami:.....	14
2. Popis stávající technologie	16
Stroj	16
Upnutí obrobku	17
Parametry stroje.....	18
Nástroj a upnutí nástroje	18
Materiál obrobku	21
Řezné podmínky.....	24
3. Návrh produktivní metody frézování vnitřních drážek [20]	28
Výběr úhlové hlavy	28
Úhlová hlava 240WGX00207E5A – 290E	29
Stroj	31
Nástroj	33
Řezné podmínky.....	34
Přípravek	40
Postup upínání	42
4. Technicko – ekonomické zhodnocení	43
Technické zhodnocení.....	43
Ekonomický přínos	44
Závěr	48

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SZOTKOWSKI T. *Využití úhlových hlav pro technologii frézování strojních součástí : bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2015, 49s. Vedoucí práce: Petřů, J.

Bakalářská práce se zabývá problematikou výroby vnitřních drážek v redukčních válečcích pomocí úhlové hlavy. V úvodu je popis řešeného problému a technologie frézovací hlavy. Na základě technických parametrů výrobku, a stávající technologie jeho výroby, je navrženo několik rozdílných metod k porovnání s metodou předchozí a metodou výroby pomocí úhlové hlavy. Po popisu této metody a příslušných nástrojů je přikročeno k praktické části práce a to k návrhu přípravku pro upnutí redukčních válečku do stroje pro větší efektivitu výroby a srovnání úspor jak z hlediska strojních časů, tak z hlediska finančního.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

SZOTKOWSKI T. *The Use of Angle Heads for Milling Technology of Machine Parts : bachelor thesis*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2015, 49s. Thesis supervisor: Petřů, J.

Bachelor thesis deals with the production of internal grooves in the reduction rollers with an angle head. The introduction is a description of the problem and technologies milling head. Based on the technical parameters of the product, and existing technology of its production, it is proposed several different methods to compare with the previous method and the method of production using angle head. After a description of the method and corresponding tools is proceeded to the practical part and to the preparation of the proposal for reducing clamping roller into the machine for greater production efficiency and savings compared in terms of both machine times, and the financial angle.

Seznam použitého značení

Značka	Název	Jednotka
a_p	Hloubka řezu	[mm]
B	Šířka obráběné plochy	[mm]
d_f	Průměr frézy	[mm]
D	Průměr díry	[mm]
D_{max}	Maximální průměr nástroje	[mm]
F	Upínací síla	[N]
f	Pracovní posuv	[mm·min ⁻¹]
f_n	Součinitel tření	[-]
f_o	Posuv na dvojzdvih	[mm]
f_{po}	Podélný posuv	[mm]
f_{pr}	Příčný posuv	[mm]
f_r	Rychloposuv	[m·min ⁻¹]
f_{sv}	Svislý posuv	[mm]
f_z	Posuv na zub	[mm]
h	Výška drážky	[mm]
i	Počet drah nástroje	[-]
k_c	Cena výroby drážky	[Kč]
k_o	Cena normohodiny obrážečky	[Kč]
k_u	Cena normohodiny VMC 70	[Kč]
l	Délka drážky	[mm]

L	Délka obráběné plochy	[mm]
l_{\max}	Maximální délka	[mm]
l_n	Délka náběhu	[mm]
L_o	Délka zdvihu s přeběhy	[m]
l_p	Délka přeběhu	[mm]
m	Hmotnost	[kg]
m_{\max}	Maximální hmotnost nástroje	[kg]
M_k	Krouticí moment	[Nm]
n	Otáčky	$[\text{min}^{-1}]$
n_{\max}	Maximální otáčky vřetene	$[\text{min}^{-1}]$
R	Poloměr	[mm]
t_f	Strojní čas frézování	[s]
t_o	Strojní čas obrázení	[s]
t_r	Čas reverzace (1 – 4 s)	[min]
t_v	Čas výměny nástroje	[s]
v_c	Řezná rychlost	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
v_f	Posuvová rychlost	$[\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1}]$
v_z	Řezná rychlost zpětného zdvihu	$[\text{m} \cdot \text{mm}^{-1}]$
v_f	Posuvová rychlost	$[\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1}]$
z	Počet zubů frézy	[-]

Seznam použitých zkratk

BT	Nástrojový upínač podobný ISO upínání
CNC	Computer numerical control
CAT	Nástrojové upínání
DIN	Deutsche Industrie Norm
HB	Tvrдост dle Brinella [-]
HOV 25	Drážkovačka
HRC	Tvrдост dle Rockwella [-]
HSK – A	Upínač „ Hohl Schaft Kegel “
HV	Tvrдост dle Vickerse [-]
ISO	International Organization for Standardization
OTK	Oddělení technické kontroly
PVD	Physical Vapour Deposition
RV	Redukční Válečky
SK	Strmý kužel
SU 80	Univerzální hrotový soustruh
S400	Svislý CNC soustruh
TIALN	Povlak nástrojů tvořený Titan-hliník nitridem
TIA 70	Povlak nástrojů
VMC 70	Obráběcí centrum pro, které je upravena úhlová hlava
WEDM	Wire Electrical Discharge Machining

Úvod

Problematika řešená v této práci se týká efektivnější výroby vnitřních drážek v redukčních válcích z materiálu s vysokou tvrdostí. Jednou z hlavních příčin výběru nové technologie výroby je dosažení co nejmenší zmetkovitosti. Předchozí technologie výroby redukčních válců na obrážecce byla v rámci možnosti produktivní, avšak tento stroj je v dnešní době již zastaralý a opotřebovaný, tudíž procento vyráběných zmetku je vyšší. Oprava a renovace tohoto stroje je v porovnání s cenou jiných, novějších a progresivnějších metod stejná a v některých případech i vyšší. Jako neefektivnější a cenově nepříjemnější byla z daných možností vybrána metoda výroby pomocí frézovací úhlové hlavy. Tento nástroj je velmi výhodný pro svou tuhost a variabilitu. Frézovací úhlová hlava se vkládá do obráběcího centra a pracuje jako nástroj, tudíž není třeba pořizovat jiný cenově nákladnější stroj. Do hlavy se vkládá fréza daného průměru, kterou je následně obráběna součást pod určitým úhlem. Frézovací hlava byla speciálně upravena pro účely dané výrobou drážek redukčních válců. Navazujícím problémem této práce je návrh a vytvoření přípravku pro uchycení obrobku na stůl obráběcího centra. Přípravek by měl splňovat požadavky na rozměry dané upínací desky a také na konstrukčnost, z hlediska způsobu upínání přípravku k upínací desce. Přípravek by měl být vytvořen tak, aby ve stroji bylo možno upnout co největší množství obrobků pro vysokou efektivitu, s ohledem na rozměry stroje. Jeho konstrukce by měla být co nejtužší z důvodu přesnosti výroby, jelikož redukční válce jsou z velmi tvrdého materiálu. Přípravek bude také navrhován tak, aby pojal různé druhy redukčních válců, protože se vyrábí různé druhy těchto obrobků v rozličných rozměrech. V předposlední etapě této práce budou porovnány a popsány úspory jak z hlediska ekonomického (úspora peněz na kusu, na sérii, za rok) tak z hlediska technologického (úspora strojního času a vytíženost stroje), vůči předchozí metodě obrábění. Dosažené cíle metody a porovnání s metodou předcházející budou zhodnoceny v závěru této zprávy.

1. Úvod do problematiky řešeného problému.

Předmětem této práce je rozšíření výrokového portfolia firmy VÚHŽ a.s., provozu Nástrojárna a modernizaci stávajícího strojového parku. Provoz Nástrojárna opracovává polotovary (odlitky). Jedná se o výrobu redukčních válců různých průměrů, v tomto případě o výrobu jejich vnitřních drážek. V současné době se tyto drážky v redukčních válečkách vyrábějí na svislé obrážce typu HOV 25 (Obr. 1). Tato technologie je nyní již po kvalitativní stránce nedostačující. Zároveň jsou zde požadavky ze strany zákazníka na zpracování technologie umožňující zhotovení drážek do podstatně tvrdších materiálů, což současná technologie neumožňuje. Materiály, ze kterých jsou obrobky vyráběny, dosahují tvrdosti až 500 HB.



Obr.1 - Obrážka HOV 25

Důsledkem stárí a opotřebení dílů svislé obrážecíky HOV 25 je nárůst zmetkovitosti redukčních válců (Tabulka č. 1).

Tabulka č. 1 – Nárůst zmetkovitosti výroby

Celkový počet	Typ válce	Odhadovaný počet zmetků	Cena 1 ks	Ztráta celkem
437 ks	RV 230	44 ks	1 000 Kč	44 000 Kč
370 ks	RV 380	36ks	4 000 Kč	144 000 Kč
231 ks	RV 300	24ks	1 700 Kč	40 800 Kč
				Σ228 800 Kč

Jelikož výroba na stávajícím stroji bez zvýšení počtu vyráběných zmetků není možná, byly zvažovány různé technologie řešení této problematiky.

Zvažované technologie:

Nákup nového obrážecího stroje[1]:

Obrázení je způsob obrábění, při kterém je vykonáván přímočarý vratný pohyb a posuv do řezu. Posuv je přerušovaný a proběhne vždy na konci vratného pohybu stolu. Při obrázení, koná hlavní pohyb, tedy přímočarý vratný, obrobek a posuv do řezu koná nástroj, kterým je obrážecí nůž. Díky jednoduché kinematice stroje a jednoduchému tvaru nástroje patří obrážecíky mezi nejuniverzálnější stroje. Povrchy lze zde obrábět v horizontálních, vertikálních i vzájemně skloněných rovinách. Postupem času se výroba přesouvá z klasických obrážecích strojů na CNC obrážecí stroje.

Zhodnocení použitelnosti metody:

Výroba drážek obrázením na klasických svislých obrážecích se pro svou nepřesnost a nízkou produktivitu již nahrazuje jinými technologiemi.

V úvahu připadá nákup jiného zachovalého, repasovaného obrážecího stroje podobného typu což se jeví do budoucna jako nespolehlivé řešení.

Nákup CNC svislého obrážecího stroje nepřichází z ekonomického hlediska v úvahu, jelikož sériovost této výroby je malá.

Nákup protahovačky CKS 25A[1]:

Protahování je řazeno mezi vysoce přesné a produktivní druhy třískového obrábění. Nástrojem je protahovací trn, vykonávající hlavní řezný pohyb, který je přímočarý s posuvem určeným vzájemným převýšením ostří zubů s_z . Protahovací trn je většinou monolitní a mezi jeho nesporné výhody patří, že všechny operace jako hrubování a dokončování jsou prováděny tímtež trnem. Zuby na protahovacím trnu jsou odstupňovány tak, že první zuby v záběru jsou hrubovací a odebírají největší množství materiálu. Na ně navazují zuby dokončovací a na konec tzv. zuby kalibrovací.

Protahování se zpravidla používá pro obrábění vnitřních a vnějších ploch určitých rozměrů a poloh jako jsou například rovnoboké drážkování nábojů nebo drážky pro pero v náboji. Protahovací stroj CSK 25A (Obr. 2) je velmi efektivní stroj. Na rozdíl od obrážek má protahovací trn, jak už bylo řečeno více břitů, tudíž je řezání drážek velice produktivní a výsledný povrch drážky má menší drsnost a větší přesnost než na běžných strojích. Na tomto stroji lze řezat drážky 3 – 25 mm.



Obr. 2 Protahovačka CKS 25A [2]

Zhodnocení použitelnosti metody:

Po konzultacích s dodavatelem stroje CKS 25A a po předložení výkresové dokumentace redukčních válců, bylo rozhodnuto, že stroj není z konstrukčních důvodů vhodný pro výrobu daných drážek v obrobku.

Nákup jiného druhu protahovacího stroje není rentabilní, jelikož sériovost této výroby je malá.

Dle vyjádření dodavatelů nejsou zkušenosti s použitím trnů do materiálů o tvrdosti až 550 HB, což odpovídá největší tvrdosti redukčních válců.

Výroba drážek na soustruhu – Systém HORN:

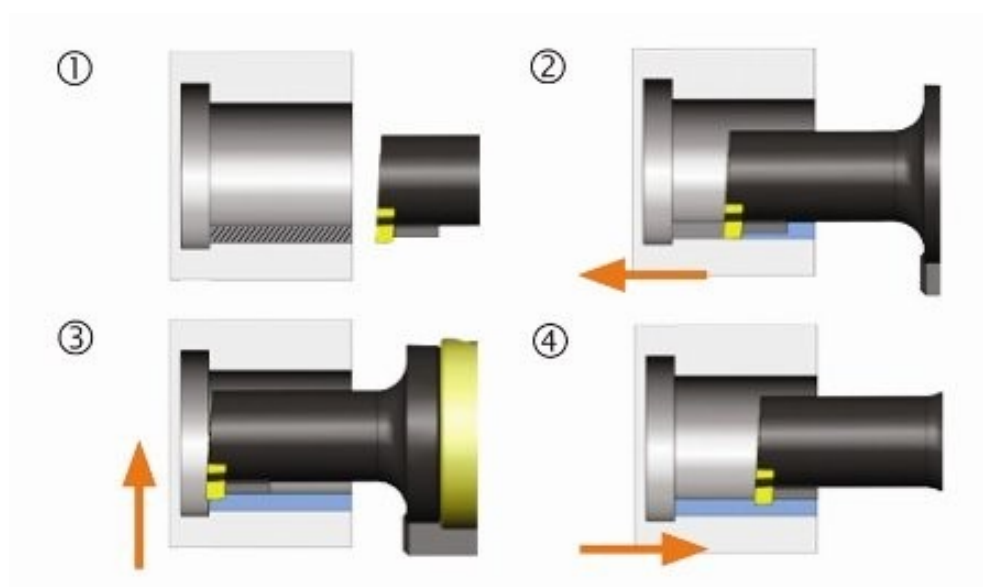
Tuto metodu lze rozdělit na dva druhy výroby:

Obrážení přímo na soustruhu pomocí nástrojového systému firmy Horn[3]. Na stroj nejsou kladeny žádné speciální nároky, pouze při požadavku pro netypickou šířku drážky musí být soustruh vybaven programovatelnou osou Y, aby drážka mohla být vytvořena v několika postupných krocích (například u drážky o šířce $b = 36\text{mm}$). Pro výrobu několika drážek na obvodu, je potřeba mít soustruh s programovatelnou osou C, v NC programu pak lze zhotovit drážky o různých tvarech. Nástrojem jsou speciální nožové držáky, s vyměnitelnými břitovými destičkami, který se upíná do revolverové hlavy (Obr. 3). Tento způsob výroby je velice efektivní, jelikož u některých obráběných součástí se tímto odbourá jedno pracoviště a součást lze vyrábět na jediném stroji na jedno upnutí, což sníží strojní čas o přesun obrobku z jednoho pracoviště na druhé a tím zmenší náklady.



Obr. 3 Nožové držáky systému Horn [4]

Obrážení pomocí agregátu LinA firmy Benz[5]. Obrábění drážek na soustruhu tím to způsobem je téměř totožné jako obrábění se systémem Horn. Na CNC soustruhu je potřeba mít volnou jednu poháněnou pozici. Rotační pohyb hnací hřídele vedený z hnané pozice pro nástroj je v agregátu přeměněn na pohyb lineární, což je hlavním pohybem obrážení. Nástroj s držákem se po zanoření do obráběné součásti a jeho obražení zvedne pomocí integrovaného zařízení. Tento způsob je velice hospodárný k břití, jelikož snižuje jeho opotřebení a zamezuje jeho vylomení při pohybu nazpět (Obr. 4).



Obr. 4 - Nožový držák [4]

Obrázecím agregátem řady LinA lze docílit obrážení drážek na jedno upnutí, tudíž velmi hospodárným způsobem. Lze tímto způsobem obrážet vnitřní i vnější ozubení, vnitřní šestihrany a speciální profily (Obr. 5).

Zhodnocení použitelnosti metody:

obrážení přímo na soustruhu – na stroj nejsou kladeny žádné speciální nároky, pouze při požadavku pro netypickou šířku drážky musí být soustruh vybaven programovatelnou osou Y.

dle dodavatele firmy SK technik by bylo třeba vyrobit speciální držáky pro obrázení drážky, jelikož délky drážek jsou mimo normalizované délky těchto držáků.

obrážení pomocí agregátu LinA firmy Benz – pro vybavení stroje tímto zařízením je třeba jedné volné poháněné pozice. Avšak maximální možná délka vyráběné drážky je dle parametrů výrobce 100 mm, což je pro výrobu redukčních válců nedostačující.

Materiály o tvrdosti 500 HB jsou však také mimo možnosti těchto agregátů

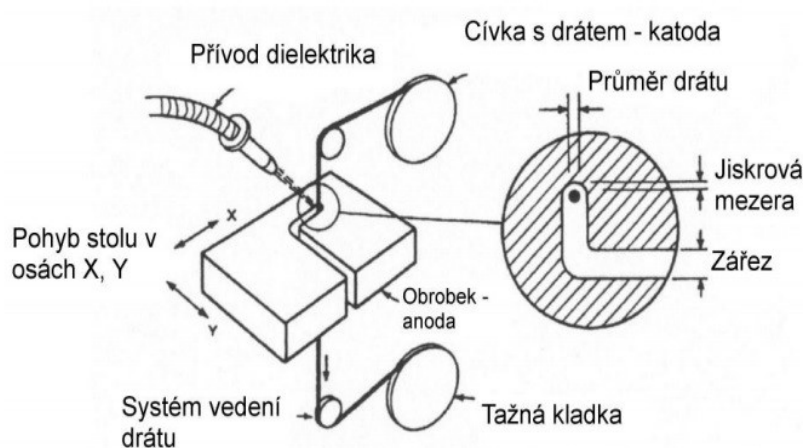


Obr. 5 - Obrázeč agregát LinA [6]

Výroba drážek drátovými řezačkami [7],[8]:

Drátové řezání se řadí do typu nekonvenčního, elektroerozivního obrábění. Jedná se tedy o obrábění, při kterém se pro úběr materiálu nepoužívá mechanické práce, nýbrž elektro – tepelných principů za většinou bezsilového působení na materiál. Při tomto obrábění nevznikají třísky. V odborné literatuře se tento způsob označuje zkratkou WEDM. Princip této metody je následovný (Obr. 6). Elektrodu tvoří tenký drát, který se průběžně odvíjí pomocí speciálního zařízení. To zamezuje opotřebení drátu. Dále pokračuje přes vodící zařízení až k místě řezu.

Elektrickými výboji mezi elektrodou a obrobkem (u tranzistorového generátoru je drát zapojen jako kladná elektroda – anoda a obrobek jako záporná elektroda – katoda) vzniká jiskrová mezera a tím řez materiálem. Celý tento proces probíhá v dielektrické kapalině, tedy hlavně prostor mezi drátem a obrobkem. Přesnost řezu závisí na konstantním napnutí drátu. Dráty jsou vyrobeny povětšinou z mědi nebo slitiny mědi a pro jemné řezy z molybdenu nebo slitiny mědi s povlakem nejčastěji s velkým procentem zinku. Měď umožňuje práci s vysokými řeznými rychlostmi a povlak udržuje stabilní výboj a zaručuje jakost povrchu. Pohyb a řízení stolu s obrobkem a u některých strojů i naklánění drátové elektrody zajišťují CNC systémy, což znamená, že drátové řezání patří mezi metody obrábění s vysokou přesností.



Obr. 6 – Princip drátového řezání [9]

Zhodnocení použitelnosti metody:

Výroba vnitřních drážek pomocí drátové řezačky je technologicky nejspolehlivější a nepřesnější.

Tato metoda je použitelná pro výrobu drážek v extrémně tvrdých materiálech.

Nevýhodou této metody jsou nesrovnatelně vyšší náklady vůči ostatním metodám (Tabulka č. 1 – srovnání nákladů s drátovou řezačkou).

Pro malou sériovost výroby redukčních válců je výroba na drátové řezačce ekonomicky ne rentabilní.

Tabulka č. 2 – Srovnání nákladů na výrobu

Rozměr drážky v mm (bxh-l)	Stávající obrážečka	Drátová řezačka	Kooperace
18x4 - 70			
tvrdost 250 HB	108 Kč	680 Kč	935 Kč
tvrdost 54 HRC	nelze	680 Kč	935 Kč
22x5 - 88			
tvrdost 250 HB	134 Kč	1 020 Kč	1 020 Kč
tvrdost 54 HRC	nelze	1 020 Kč	1 020 Kč
28x6 - 120			
tvrdost 250 HB	288 Kč	1 496 Kč	1 315 Kč
tvrdost 54 HRC	nelze	1 496 Kč	1 315 Kč

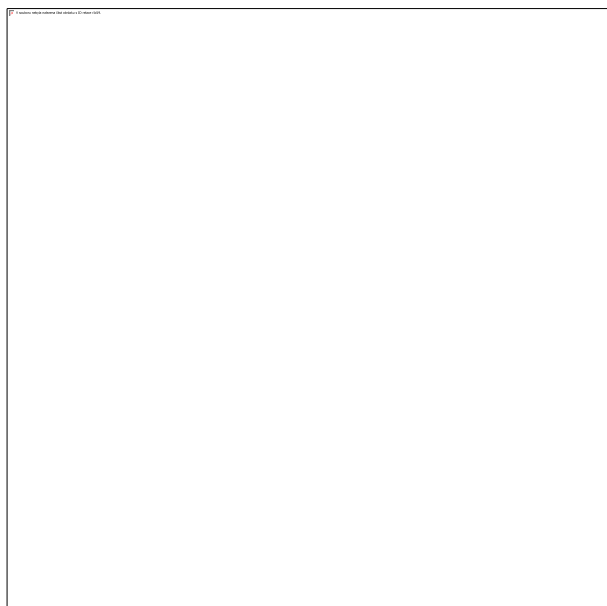
b = šířka drážky

h = výška drážky

l = délka drážky

Výroba drážek úhlovými hlavami[10]:

Úhlová hlava je v podstatě držák stopkových řezných nástrojů. Upínání je zde zprostředkováno pomocí strmého kužele a je konstruována tak, aby jí bylo možno využívat v obráběcích centrech. Nejčastěji se upíná do zásobníku nástrojů a tím je zde možnost automatické výměny s jiným nástrojem, avšak pokud to možnosti nedovolují, například z důvodu vysoké hmotnosti, či větších rozměrů, lze pro úhlovou hlavu použít ruční výměnu či takzvaný pick-up stanici na stroji. Úhlové hlavy jsou využívány pro operace vrtání, frézování, vystružování nebo řezání závitů a jsou vyráběny v mnoha variantách dle použití a konstrukce. Chlazení těchto nástrojů se dá také upravit či přidat dle způsobu výroby (bez přívodu chlazení, s vnitřním chlazením, s vnějším chlazením). Upínání přes kužel je také možno zprostředkovat pomocí různých druhů kuželů například SK, HSK-A, CAT, BT či speciální. Kryt hlavy musí být pevně propojen s vřeteníkem stroje prostřednictvím aretačního členu, který udržuje hlavu v nastavené poloze a zajišťuje zachycení řezných sil. Úhlové hlavy jsou konstruovány s vykloněným pracovním vřetenem o pevný úhle 90° nebo s plynule stavitelným vřetenem v rozsahu 0° - 90° (Obr. 7). Při konstrukci úhlových hlav jsou stěžejními požadavky přesnost hnacích komponent, přenášený výkon, provozní bezpečnost, a kvalita celkové konstrukce hlavy. Nástroje jsou do hlavy upínány pomocí kleštín nebo pro upnutí závitníku pomocí kleštiny s unášecím čtyřhranem. Hlavním přínosem a tedy i myšlenkou tohoto nástroje je získání dodatečné C osy stroje a tedy rozšíření jeho výrobních možností.



Obr. 7 - Úhlové hlavy [11]

Zhodnocení použitelnosti metody:

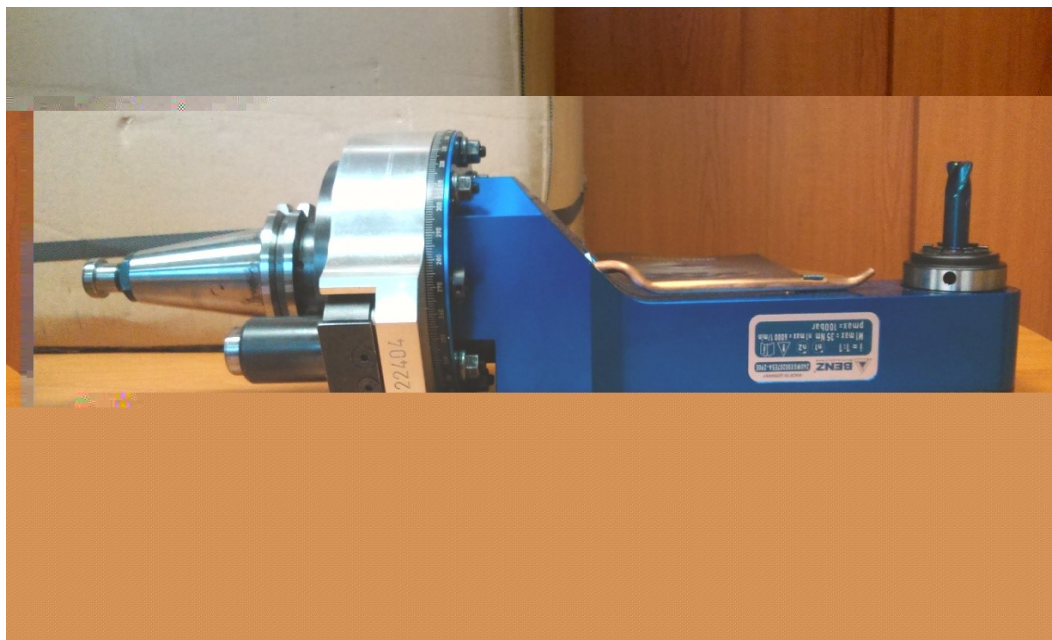
Tento druh výroby se jeví jako neoptimálnější řešení, jak ve výrobě drážek do měkkých redukčních válců (250 HB), tak v pozdější výrobě drážek do tvrdých redukčních válců (520 HB, 67 HRC).

Tímto způsobem nejen, že lze obrábět drážky a používat jiné frézovací operace, lze zde provádět i operace vrtání a závitování v poloze nástroje, která není dosažitelná kinematikou disponibilního stroje.

Lze touto metodou obrábět více otvorů současně.

Dosažení snížení vedlejších časů a zvýšení produktivity práce a spolehlivosti procesu.

I při malosériové výrobě je zaručena ekonomická návratnost z důvodu pořizovací ceny.



Obr. 8 - Úhlová hlava BENZ

2. Popis stávající technologie.

Stroj[1]

Stávající výroba redukčních válců se provádí na svislé obrážece typu HOV 25 (Obr. 1). Tento typ stroje se používá pro obrábění vnitřní plochy, obvykle drážky, nerotačních součástí, které se jinak vyrábí protahováním. Používá se jen v kusové a malosériové výrobě, vzhledem k nízké produktivitě. Hlavní pohyb při obrábění koná nástroj (přímochařý vratný) tedy smýkadlo s nástrojem. Vedlejší pohyb koná obrobek a je přerušovaný. Posuv probíhá vždy až po pracovním dvoj-zdvihu a je kolmý k hlavnímu pohybu. Smýkadlo s nástrojem je vysokého průřezu s plochým vedením a je poháněno kulisou. Velikost zdvihu je regulovatelná. Stojan je masivní, vhodně vyžebrovaný, zhotovený ze dvou dílů. Po jeho spodní části pojíždí stůl a v horní části je uloženo smýkadlo. Veliké vyložení stroje umožňuje opracování součástí nejrozličnějších tvarů. Smýkadlo je vybaveno speciálním nožovým držákem s odklápečem. Podávací ústrojí, které je umístěno na přední straně stojanu, má náhon od kulisového kola. Pohon je odvozen od přírubového elektromotoru na lamelovou spojku a brzdu umístěnou ve stojanu a odtud převody ozubenými koly na kulisu. Stroj má 8 rychlostí. Pro hospodárné využití stroje se stanovuje počet dvoj-zdvihů při určité velikosti zdvihu. Řezné rychlosti jsou voleny podle obráženého materiálu. Při použití nástrojů z rychlořezné oceli lze počítat přibližně s následujícími řeznými rychlostmi (Tabulka č. 3).

Tabulka č. 3 – Používané řezné rychlosti svislé obrážecí HOV 25 dle manuálu stroje

Ocel o pevnosti od 60 MPa	12 m·min ⁻¹
Litá ocel 50-70 MPa	12 m·min ⁻¹
Šedá litina do 200 HB	17 m·min ⁻¹
Šedá litina nad 200 HB	14 m·min ⁻¹
Mosaz, bronz	20 m·min ⁻¹

Výroba, na tomto stroji je již v současné době nevyhovující, z důvodu malé přesnosti výroby a zvýšenému počtu vyráběných zmetků. Repasování obrážečky HOV 25, by obnášelo přebroušení lóže, seřízení vůle a výměna pohybových šroubů. Odhadovaná cena této opravy je 150-200 tis. Kč, tímto se stroj opraví, avšak nezpůsobí zvýšení produktivity.

Upnutí obrobku[1]

Důležitou otázkou při obrázení je způsob upnutí, jelikož při této metodě obrábění vznikají velké rázy. Obrobky jsou upínány přímo ke stolu stroje přitlačnými a opěrnými upínkami nebo speciálními přípravky k tomu určenými, dle tvaru a složitosti obrobku. Stůl je kruhový, opatřený upínacími drážkami. Ve středu stolu je kuželový otvor pro čepy, které se používají při hoblovaná do kulata. Stůl je opatřen zařízením pro přímé dělení a dělicím přístrojem pro nepřímé dělení. Redukční válce, jako díly obráběné na obrázečce HOV 25, jsou upnuty ke stolu přitlačnými upínkami se nastavitelnou výškou pro různé velikosti obrobku (Obr. 9).



Obr. 9 - Způsob upínání válců

Parametry stroje

Tabulka č. 4 – Technické parametry svislé obrázečky HOV 25

Obrážecí výška	250 mm
Průměr stolu	500 mm
Příčné přestavení stolu	450 mm
Podélné přestavení stolu	560 mm
Přestavení beranu	250 mm
Maximální vzdálenost nože od upínací plochy	535 mm
Výkon hlavního elektromotoru	5500 W
Rozměry stroje	1425 x 2270 mm
Hmotnost stroje	2850 kg

Nástroj a upnutí nástroje[12]

Velikou výhodou obrázení je, že pro tento druh obrábění není nutno používat speciální nástroje a upínače. Obrážecí nástroj (nůž) je vyroben rychlořezné oceli nebo ze dvou částí (upínací část ocel, řezná část ze slinutých karbidů).

Nástroj je upnut ve speciálním nožovém držáku (Obr. 10) s odklápěčem, který je součástí smýkadla. Smyk je silné konstrukce a vysokého průřezu pro odstranění deformace a chvění při obrázení. Vedení smýkadla je otočně uloženo na čepu v horní části stojanu. Po uvolnění lze vedení i se smýkadlem vyklonit max. o 10° ve směru podélné osy stroje.



Obr. 10 Nožový držák

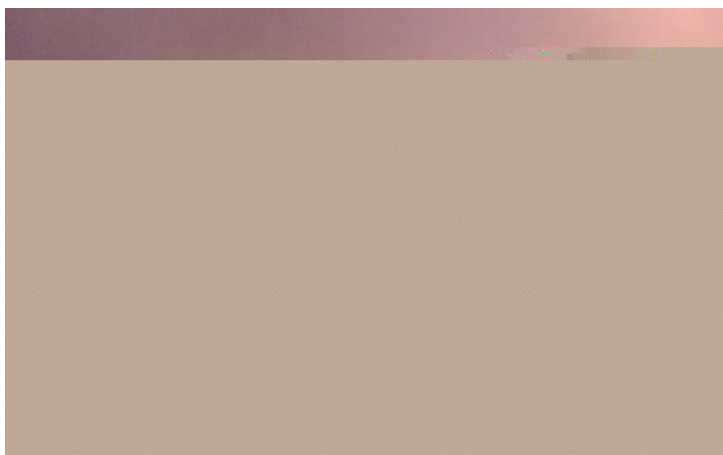
Nástrojem je obrážecí nůž vyroben z rychlořezné oceli zvané RADECO (19 810). Z této oceli se vyrábějí tyče válcované nebo kované za tepla a výkovky. Dále se z těchto polotovarů vyrábějí výkonné obráběcí nástroje jednodušších tvarů s dobrou řezivostí a velkou odolností proti opotřebení pro obrábění kovových materiálů o střední a menší pevnosti (asi do 900 MPa) velkými řeznými rychlostmi. Například soustružnické nože, nože do frézovacích hlav, záhlubníky, vrtáky, závitové nože, a jiné. Dále pak obráběcí nástroje pro nekovové materiály tvrdé a abrazivní.

Ocel RADECO se také používá pro nástroje pro stříhání za studena a to zejména pro velmi namáhané nástroje jednodušších tvarů s velkou životností pro stříhání a děrování materiálů malých tlouštěk (1-2 mm) a velkých pevností nebo také tvrdých a abrazivních materiálů, velkých sérií výrobků s nároky na odolnost proti opotřebení.

Obrobitelnost rychlořezné oceli RADECO je při:

Soustružení a hoblování	9b
Frézování a vrtání	9b
Broušení	6b

Tvrdost oceli RADECO se pohybuje mezi 66 – 67 HRC. Tohoto stavu ocel dosáhne po kalení na teplotě 1240 °C (ochlazování v oleji) a popouštění v rozmezí teplot 550-570 °C po dobu 1 hodiny (při popouštěcí teplotě 570 °C dosáhne ocel nejvyšší tvrdosti 67 HRC, při následně vyšší teplotě tvrdost klesá). Polotovary z této oceli vyrábí česká firma POLDI a.s. Nože pro výrobu na obrážecce jsou odstupňovány dle vyráběných drážek (Obr.11).



(Obr. 11 - Obrázcí nože) Obrobek (redukční válece)[13],[14]

Hotové obrobky, tzv. redukční válce jsou díly využívající se pro válcování bezešvých trubek, přesněji pro oblast redukce. Tyto válce jsou umístěny v kazetách po 3 kusech, uspořádané v kruhu po 120° (Obr. 12). Kazety tvoří redukovací stroj, který je umístěn ve válcovacím procesu mezi pásovou pilou a indukční pecí, tudíž na konci válcovacího procesu. Nejprve indukční pec nahřeje polotovaru na teplotu nad 900°C a poté je protahován kazetami s redukčními válci. Povrch těchto válců je značně namáhán, jelikož minimální teplota válcovaného polotovaru je 900°C. Jelikož jsou tyto redukční válce zaimplementovány v kazetách, je jejich manipulace snadnější. Více opotřebené válce se neodstraňují, ale zařazují se na začátek redukovací linky a nové válce na konec, kvůli úspoře materiálu. Takto opotřebený válec je možný použít do doby než se velikost redukovací drážky dostane mimo toleranci.

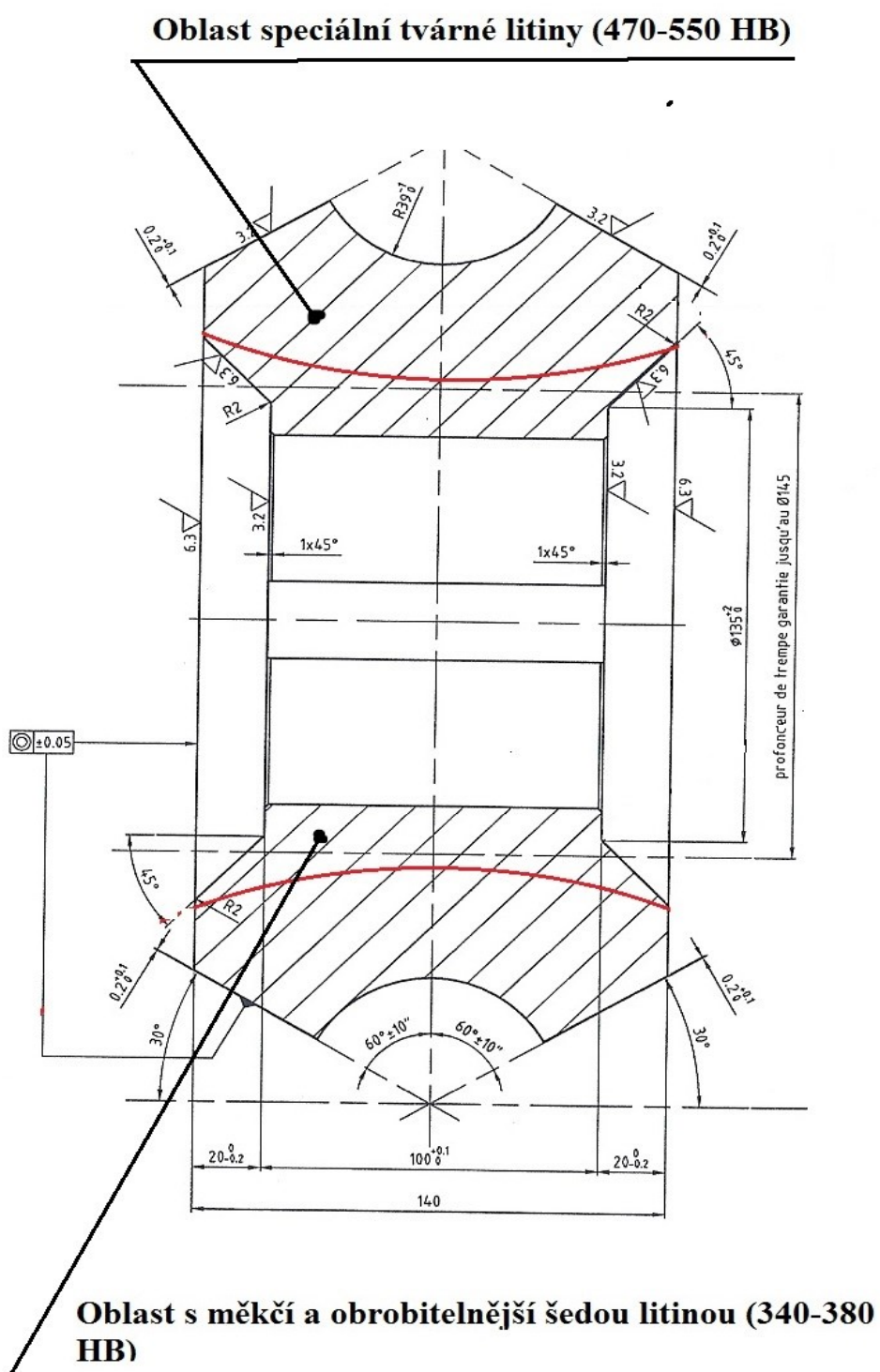


Obr. 12 – Redukovací kazeta [15]

Polotovary pro výrobu redukčních válců jsou vyráběny odstředivým litím z litiny. Redukční válce s menší tvrdostí v oblasti drážky (340-380 HB) jsou odlévány na dvakrát. První, pracovní vrstva je ze speciální tvárné litiny (chemické složení viz tabulka). Druhá vrstva, která se je přidána na konec odstředivého lití je z šedé litiny (Obr. 13). Tato šedá litina se nachází v oblasti otvoru, tudíž v místě kde se vyrábí drážka. Vnitřní oblast má téměř shodné složení jako oblast pracovní, jen obsah křemíku je zvětšen o 0,5 % což znamená, že konečný obsah křemíku ve středové vrstvě je okolo 2%. Přidáním křemíku do vnitřní oblasti obrobku zapříčiní to, že litina tzv. ztuhne šedě. Tato část obrobku z šedé litiny má výborné mechanické vlastnosti a je kompromisem mezi obrobitelností vnitřní části válce a odolnosti proti otlacení v místě drážky při implementaci do redukovací kazety válcovací linky. Tyto redukční válce by se mohly vyrábět na stávající obražcece HOV 25. Další druh redukčních válců je vyráběn jen ze speciální tvárné litiny (Tabulka č. 5). Tvrdost těchto obrobků se pohybuje okolo 470 – 550 HB, dle požadavků zákazníka. Dle technologů nejsou jiné mechanické vlastnosti než tvrdost této speciální litiny známy, jelikož nebyly vzneseny požadavky ze strany zákazníka.

Tabulka č. 5 – Chemické složení materiálu obrobku

Prvky	Pracovní vrstva	Oblast otvoru
C	3,3-3,5 %	3,3-3,5 %
Si	1,2-1,7 %	1,9-2,1 %
Mn	0,5-0,8 %	0,5-0,8 %
Cr	0,3-0,7 %	0,3-0,7 %
Ni	2,0-2,6 %	2,0-2,6 %
Mo	0,2-0,3 %	0,2-0,3 %



Obr. 13 - Rozdělení vrstev redukčního válce

Způsob obrábění:

1. Polotovár součásti je po odlití očištěn od hrubých nečistot a přesunut k prvnímu pracovišti (Obr 14.).



Obr. 14 - Očištěný polotovár

2. Základní hrubovací operace ploch pro upnutí obrobku na CNC soustruhu se provádí na klasickém univerzálním soustruhu SU 80 (Obr. 15):



Obr. 15 - Vyhrubované plochy pro upnutí

- Hrubování vnějšího nejvyššího průměru (pozdější radius)

- Hrubování obou čel

3. Dále po úpravě ploch pro upnutí je obrobek přesunut na CNC svislý soustruh S400 kde

jsou prováděny tyto operace (Obr. 16):

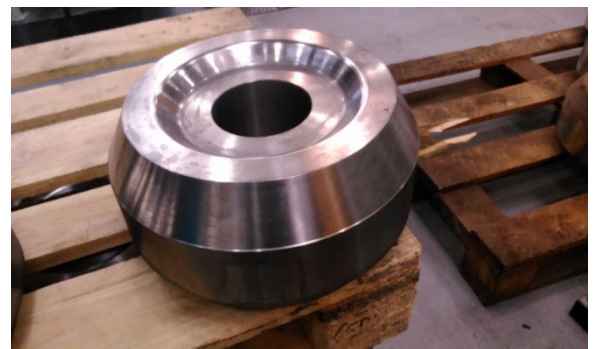
- Hrubování otvoru

- Hrubování 1. čela

- Hrubování vnějšího průměru, 1. skosená část

- Obrábění na čisto 1. čela

- Obrábění na čisto vnějšího průměru, 1. skosená část



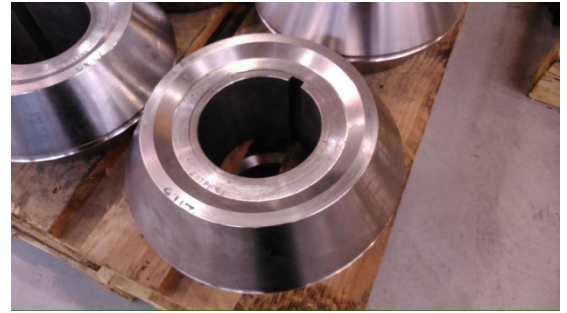
Obr. 16 - Opracování 1. 1/2 na čisto

- Obrábění na otvoru na čisto

4. Následně je obrobek, který je na čisto obroben z jedné strany, přesunut na svislou obrázečku HOV 25, kde je obražena drážka.

5. Obrobek je vrácen na CNC svislý soustruh S400 kde jsou obrobena zbylé části v tomto pořadí (Obr. 17):

- Hrubování 2. čela
- Hrubování vnějšího průměru, 2. skosená část
- Obrábění na čisto 2. čela
- Obrábění na čisto vnějšího průměru, 1. skosená část
- Hrubování vnějšího průměru (rádius)
- Obrábění na čisto vnějšího průměru (rádius)



Obr. 17 - Hotový výrobek

6. Následně je hotový výrobek předložen OTK ke kontrole a schválení

Obrobky o takové to tvrdosti už není možno vyrábět na stávající obráběčce, s to z důvodu technologického i ekonomického.

Řezné podmínky[17],[18]

Počet redukčních válců vyráběných firmou VÚHŽ a.s. je zhruba 56 druhů. Pro porovnání produktivity výroby na klasické obráběčce a na obráběcím centru s vyměnitelnou úhlovou hlavou, pomocí výpočtu strojních časů, byly zvoleny tyto druhy RV:

RV 300 – drážka o rozměru 22 x 5 – 88 mm (tvrdost 250 HB) – Střední drážka

RV 380 – drážka o rozměru 28 x 6 – 120 mm (tvrdost 250 HB) – Velká drážka

RV 230 – drážka o rozměru 18 x 4 – 70 mm (tvrdost 250 HB) – Malá drážka

RV 300 – drážka o rozměru 22 x 5,5 – 106 mm (tvrdost 520 HB) – Střední drážka

RV 360 – drážka o rozměru 25 x 5 – 145 mm (tvrdost 67 HRC) – Velká drážka

Poslední dva redukční válce se svou tvrdostí materiálu vymykají možnostem stávající výroby na obráběčce typu HOV 25, avšak budoucí plán výroby obsahuje i obrobky o takovéto tvrdosti. Z tohoto důvodu je nutno najít nejpříznivější alternativu obrábění drážek pro obrobky o materiálu s vysokou tvrdostí.

Redukční válec RV 230 – drážka – 18 x 4 – 70 mm (tvrdost 250 HB) – Malá drážka

Řezné podmínky byly určeny dle parametrů stroje a nástroje a materiálu obrobku.

Výkresová dokumentace tohoto obrobku je přiložena jako příloha (1).

Nástroj: Obrážecí nůž šířky 18 mm

Řezné podmínky:

Šířka obráběné plochy: $B = 18 \text{ mm}$

Posuv na dvojzdvih: $f_o = 0,05 \text{ mm}$

Délka drážky: $l = 70 \text{ mm}$

Délka náběhu: $l_n = 5 \text{ mm}$

Délka přeběhu: $l_p = 5 \text{ mm}$

Délka zdvihu s přeběhem: $L_o = l + l_n + l_p = 70 + 5 + 5 = 80 \text{ mm}$

Řezná rychlost: $v_c = 14 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Řezná rychlost zpětného zdvihu: $v_z = 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Čas reverzace: $t_r = 2 \text{ s}$

Výpočet strojního času:

$$t_{o1} = \frac{B}{f_o} \cdot \left(\frac{L_o}{v_c} + \frac{L_o}{v_z} + t_r \right)$$
$$t_{o1} = \frac{18}{0,05} \cdot \left(\frac{80}{14000} + \frac{80}{20000} + 0,0333 \right)$$
$$t_{o1} = 15,49 \text{ min}$$

[19] Strojní čas výroby malé drážky byl dle dlouhodobě používaných normativů stanoven na $t_{o1} = 17 \text{ min}$.

Redukční válec RV 300 – drážka – 22 x 5 – 88 mm (tvrdost 250 HB) – Střední drážka

Řezné podmínky byly určeny dle parametrů stroje a nástroje a materiálu obrobku.

Výkresová dokumentace tohoto obrobku je přiložena jako příloha (2).

Nástroj: Obrážecí nůž šířky 22 mm

Řezné podmínky:

Šířka obráběné plochy: $B = 22 \text{ mm}$

Posuv na dvojzdvih: $f_o = 0,05 \text{ mm}$

Délka drážky: $l = 88 \text{ mm}$

Délka náběhu: $l_n = 5 \text{ mm}$

Délka přeběhu: $l_p = 5 \text{ mm}$

Délka zdvihu s přeběhem: $L_o = l + l_n + l_p = 88 + 5 + 5 = 98 \text{ mm}$

Řezná rychlost: $v_c = 14 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Řezná rychlost zpětného zdvihu: $v_z = 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Čas reverzace: $t_r = 2 \text{ s}$

Výpočet strojního času:

$$t_{o1} = \frac{B}{f_o} \cdot \left(\frac{L_o}{v_c} + \frac{L_o}{v_z} + t_r \right)$$
$$t_{o1} = \frac{22}{0,05} \cdot \left(\frac{98}{14000} + \frac{98}{20000} + 0,0333 \right)$$
$$t_{o1} = 19,88 \text{ min}$$

[19] Strojní čas výroby střední drážky byl dle dlouhodobě používaných normativů stanoven na $t_{o1} = 20 \text{ min}$.

Redukční válec RV 380 – drážka – 28 x 6 – 120 mm (tvrdost 250 HB) – Velká drážka

Řezné podmínky byly určeny dle parametrů stroje a nástroje a materiálu obrobku.

Výkresová dokumentace tohoto obrobku je přiložena jako příloha (3).

Nástroj: Obrážecí nůž šířky 28 mm

Řezné podmínky:

Šířka obráběné plochy: $B = 28 \text{ mm}$

Posuv na dvojzdvih: $f_o = 0,05 \text{ mm}$

Délka drážky: $l = 70 \text{ mm}$

Délka náběhu: $l_n = 5 \text{ mm}$

Délka přeběhu: $l_p = 5 \text{ mm}$

Délka zdvihu s přeběhem: $L_o = l + l_n + l_p = 120 + 5 + 5 = 130 \text{ mm}$

Řezná rychlost: $v_c = 14 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Řezná rychlost zpětného zdvihu: $v_z = 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Čas reverzace: $t_r = 2 \text{ s}$

Výpočet strojního času:

$$t_{o1} = \frac{B}{f_o} \cdot \left(\frac{L_o}{v_c} + \frac{L_o}{v_z} + t_r \right)$$
$$t_{o1} = \frac{28}{0,04} \cdot \left(\frac{130}{14000} + \frac{130}{20000} + 0,0333 \right)$$
$$t_{o1} = 34,36 \text{ min}$$

[19] Strojní čas výroby velké drážky byl dle dlouhodobě používaných normativů stanoven na $t_{o1} = 36 \text{ min}$.

3. Návrh produktivní metody frézování vnitřních drážek [20]

Jako nejlepší alternativa z pohledu technologického i ekonomického byla vybrána možnost výroby drážek pomocí úhlové hlavy na vertikálním obráběcím centru VMC 70 firmy STROJTOS LIPNÍK a.s.. Navrhovaná technologie spočívá v rozšíření příslušenství obráběcího centra VMC 70 o zmíněnou úhlovou hlavu. Tato hlava je svými parametry a uchycením kompatibilní s obráběcím centrem a je schopna zajistit zhotovení vnitřních drážek v redukovacích válcích měkkých materiálů (šedá litina o tvrdosti 250 HB), tak jak probíhá současná výroba na svislé obráběčce typu HOV 25. Zásadní výhodou této alternativy je, že sortiment výroby lze rozšířit o redukovací válce z velmi tvrdých materiálů (speciální tvárná litina a o tvrdostech 520 HB a 67 HRC), které jsou do budoucna dle statistiky požadavků zákazníků nevyhnutelnou součástí budoucí produkce. Jelikož bylo zjištěno, že svislá obráběčka HOV 25 není schopna spolehlivě vyrábět drážky ani do měkkých materiálů, je úhlová hlava alternativa, která komplexně nahradí současný způsob výroby. Úhlová hlava je takový nástroj, kterým lze zajistit polohu obráběcího nástroje (frézy, vrtáku, závitníku), která není dosažitelná pomocí kinematiky stroje, nebo obrábět v jedné operaci více otvorů současně, což eliminuje nutnost otáčení či změny polohy obrobku. Principem úhlové hlavy je vyosení pohybu nástroje od stávající základní osy pohybu vřetene, což umožňuje nástroji obrábět obrobek v rozmezí úhlů 0° až 90° dle druhu úhlové hlavy.

Výběr úhlové hlavy[21]

Pro problematiku výroby redukčních válců byly srovnány 3 typy úhlových hlav.

240WGX00207E5A-290 – Vyráběná firmou Benz, dodávaná firmou TMC CR s.r.o.

TA 10.PL – Vyráběná a dodávaná firmou Grumant O.M.G.

FUH FXI ER 25 – Vyráběná a dodávaná firmou NAREX

Důležité technické parametry byly srovnány v Tabulce č. 6

Tabulka č.6 - Technické parametry možných dodavatelů

Dodavatel	TMC CR,s.r.o. BENZ	Grunmant	NAREX
Typ úhlové hlavy	240WGX00207E5A-290E	TA10.PL	FUH FXI ER 25
Minimální průměr otvoru	85 mm	100 mm	140 mm
Maximální délka drážky	170 mm	140 mm	80 mm
Maximální tvrdost materiálu/krouť. moment	68 HRC/ 35 Nm	500 HB/13 Nm	240 HB/neuvedeno
Cena bez DPH	236115 Kč	96 135Kč	77 236Kč

Úhlová hlava firmy NAREX se však dle informací dodavatele vyrábí jen pro maximální tvrdost obráběného materiálu 240 HB a pro obrábění větších tvrdostí je prototyp této hlavy stále ve vývoji, tudíž pro stávající problematiku je tento nástroj nepoužitelný.

Pro výběr mezi dvěma hlavama od firmy Benz a firmy Grumant byla vytvořena tabulka s hodnotícími parametry v příloze (4).

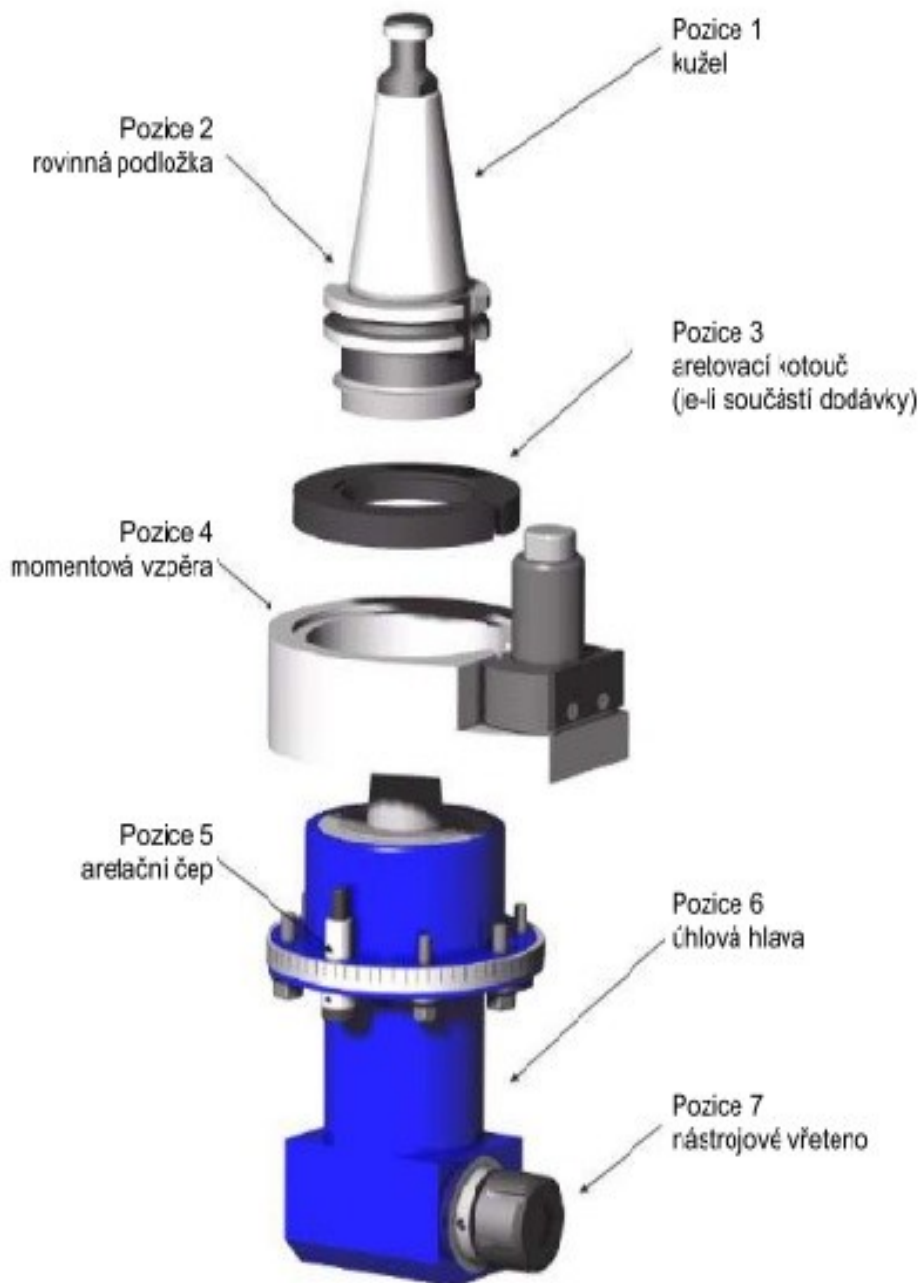
Pro výrobu vnitřních drážek redukčních válců byla vybrána úhlová hlava 240WGX00207E5A – 290E, Výrobce – společnost BENZ, Dodavatel TMC CR s.r.o. Technická dokumentace přiložena v příloze (5).

Ze tří možných dodavatelů je pro danou problematiku nejvhodnější nabídka firmy TMC CR s.r.o. Jejich úhlová hlava firmy Benz typu 240WGX00207E5A – 290E řeší celkovou problematiku. Ostatní dodavatelé mají vždy alespoň jednu podstatnou nevýhodu.

Například firma Grumant nemá potřebný rozsah průměrů a délek úhlových hlav – nemohli by být opracovány všechny druhy redukčních válců.

Úhlová hlava 240WGX00207E5A – 290E

Tato úhlová hlava byla vybrána jako nejlepší alternativa pro výrobu vnitřních drážek redukčních válců do měkkých materiálů, tak také v pozdější výrobě drážek do tvrdých materiálů. Nástroj je v hlavě uchycen pomocí kleštiny v nástrojovém vřetenu, která je spojena s úhlovou převodovkou v těle hlavy a lze zde upnout válcový nástroj až do průměru 16 mm (Obr. 14). Chlazení nástroje je vedeno vně, souběžně s tělem hlavy až k upínací kleštině, což zaručuje obrábění s chlazením i do větší hloubek.



Obr. 18 - Vyobrazení dílů úhlové hlavy [21]

Tabulka č. 7 - Základní technické parametry hlavy.

Parametry	Hodnoty	Jednotky
Krouticí moment	35	Nm
Maximální otáčky	6000	min ⁻¹
Typ upínání do stroje	Kužel ISO 40	-
Typ upínání nástroje	ER 25 A	-
Maximální délka	160	mm
Maximální průměr nástroje	16	mm

Stroj[22]

Úhlová hlava Benz bude požívána na vertikálním obráběcím stroji řady VMC 70 výrobce STROJTOS LIPNÍK a.s. (Obr. 15). Tento stroj je určen pro širokou škálu vertikálních frézovacích, vrtacích, vyvrtávacích a závitovacích operací. Koncepce stroje je založena na podélném pojezdu pracovního stolu a svislém a příčném pojezdu vřeteníku a zaručuje vysokou stabilitu a přesnost stroje při vysokém výkonu frézování. Řídicím systémem stroje je systém HEIDENHAIM iTNC 530, který umožňuje například zavádění programu formou dialogu HEIDENHAIN, korekce nástroje ve 3D, možnost více tabulek s libovolným počtem nástrojů, možnost Teach – In. Lože jsou na tuhém svařovaném rámu, který také jako podstavec pod stojan a stůl stroje a tvoří sběrný žlab pro odvod třísek z pracovního prostoru. Pod podstavcem jsou umístěny výsuvné mísy na třísky a nádrž s chladicí kapalinou. Stůl je litinový a je opatřen upínacími T – drážkami na horní ploše stolu. Stojan je silně žebrovaný odlitek a je přišroubován na horní plochu podstavce. Vřeteník je tuhý litinový odlitek, na jehož bocích jsou svislá válečková vedení. Upínání vřetene je zprostředkováno pomocí kužele ISO 40 dle DIN 6987 1A. Stroj je vybaven chladicím zařízením pro vnější chlazení nástrojů a vnitřní chlazení osou nástroje. 4 – tá řízená osa stroje je otočný stůl, kterým je možno nahradit funkci děličky. Součástí obráběcího centra je také článkový dopravník třísek. Zvláštním příslušenstvím tohoto stroje je měřicí sonda s infra-přenosem OMP 60 RENISHAW a nástrojová sonda TS 27 R RENISHAW.



Obr. 19 - Vertikální obráběcí centrum VMC [23]

Tabulka č. 8 – Technické parametry stroje

Parametry	Hodnoty	Jednotky
Výkon stroje - P	22	kW
Kroutící moment - M_k	140	Nm
Maximální otáčky vřetene – M_{max}	10000	min^{-1}
Upínací plocha stolu	650 x 1500	mm
Počet T - drážek	7	-
Šířka a rozteč T - drážek	18 x 90	mm
Maximální hmotnost obrobku - m	1400	kg
Posuv podélný - f_{po}	1250	mm
Posuv příčný - f_{pr}	700	mm
Posuv svislý - f_{sv}	620	mm
Upínací síla - F	12000	N
Pracovní posuv - f	0 - 15000	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Rychloposuv - f_r	40	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
Počet míst v zásobníku	24	-
Maximální délka nástroje - l_{max}	300	mm
Maximální průměr nástroje - D_{max}	90	mm
Maximální hmotnost nástroje - m_{max}	8	kg
Čas výměny nástroje - t_v	3	s

Nástroj[24],[25]

Jako nástroje pro obrábění zkušebních dílů byly zvoleny frézy firmy ARNO. Všechny použité frézy mají válcovou stopku s tolerancí h6. Struktura karbidové frézy je ultra jemnozrnná. Frézy označené jako AFG jsou nástroje s kterými lze obrábět materiály jen do tvrdosti maximálně 50 HRC. Naopak frézy s označením AFG jsou frézy určeny do velmi tvrdých materiálů s tvrdostí pohybující se okolo 60 – 70 HRC.

AFG 50745 – 100R1,0 TIALN (Obr. 20)

Pro frézování drážky do měkkých redukčních válců (250 HB) byla použita tato fréza jako nástroj pro hrubování. Je to 4 – břitá fréza s rohovým radiusem $R = 1 \text{ mm}$, průměrem $d_f = 10 \text{ mm}$ a úhlem stoupání šroubovice 30° . Materiálem frézy je SK je povlakovaný PVD metodou, povlakem



Obr. 20 - Válcová čelní fréza AFG50745 [25]

TIALN, který je jedním z nejpoužívanějších povlaků vysoce výkonného obrábění. Tento fialový povlak je odolný vůči oxidaci. Tvrdost nástroje s tímto povlakem bývá asi 3000 HV a pracovní teplota 800°C .

AFG 50322 – 030A TIALN (Obr. 21)

Pro frézování měkkých redukčních válců načisto byla použita tato kulová 2 – břitá fréza, s povlakem TIALN, povlakována taktéž metodou PVD. Průměr

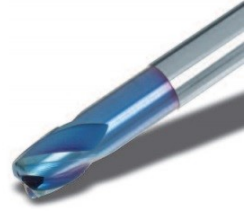


Obr. 21 - Kulová fréza AFG50322 [25]

frézy je $d_f = 3 \text{ mm}$ a úhel stoupání šroubovice je taktéž 30° . Tato fréza je vhodná pro dokončovací operace do širokého spektra materiálů. Lze s ní obrábět nikl, litiny, neželezné kovy, plasty, kalené materiály a nerezové oceli.

AFH 50146 – 100BR1,0 TIA70 (Obr. 22)

Tato fréza byla použita pro hrubovací operaci frézování do tvrdých redukčních válců (520 HB, 67 HRC). Je to 4 – břitá fréza s rohovým radiusem $R = 1 \text{ mm}$, průměrem $d_f = 10 \text{ mm}$ a úhlem stoupání šroubovice 30° . Tato fréza je povlakovaná povlakem TiA 70.



Obr. 22 - Válcová fréza AFH50146 [25]

AFH 50341 – 060 TIA70 (Obr. 23)

Tato fréza byla použita pro frézovací operaci na čisto pro obrábění tvrdých redukčních válců (520 HB, 67 HRC). Je to kulová, 2 - břitá fréza o průměru $d_f = 6 \text{ mm}$ a úhlem stoupání šroubovice 30° . Tato fréza je povlakovaná povlakem TiA 70.



Obr. 23 - Kulová fréza AFH50341 [25]

Řezné podmínky

Jako testovací redukční válce pro výrobu drážek pomocí úhlové hlavy byly vybrány tři stejné druhy redukčních válců, jako při testech na svislé obrážece HOV 25. Navíc byly do tohoto testu zařazeny také redukční válce z tvrdého materiálu, tedy celé odlité ze speciální tvárné litiny. Jejich tvrdosti byly 520 HB a 67 HRC.

Redukční válec RV 230 – drážka – 18 x 4 – 70 mm (tvrdost 250 HB) – Malá drážka

Výkresová dokumentace tohoto obrobku je přiložena jako příloha (1).

Nástroj: Hrubování - 4 – břitá stopková fréza AFG 50745 – 100 R1,0

Na čisto - Kulová stopková fréza AFG 50322 – 030 A

Řezné podmínky:

Hrubování

$$f_z = 0,04 \text{ mm}$$

$$l = 70 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 1 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 72 \text{ mm}$$

$$v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 2547 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 407 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 0,5 \text{ mm}$$

$$i = 16$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f1h} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f1h} = \frac{72 \cdot 16}{407}$$

$$t_{f1h} = 2,83 \text{ min}$$

Přejezdy do řezů: $t_1 = \Sigma i \cdot 2 \text{ s} = 22 \cdot 2 = 0,73 \text{ min}$

$$t_{f1} = 4,78 \div 5 \text{ min}$$

Na čisto

$$f_z = 0,03 \text{ mm}$$

$$l = 70 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 1 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 72 \text{ mm}$$

$$v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 6000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 360 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 0,1 \text{ mm}$$

$$i = 6$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f1č} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f1č} = \frac{72 \cdot 6}{360}$$

$$t_{f1č} = 1,22 \text{ min}$$

Redukční válec RV 300 – drážka – 22 x 5 – 88 mm (tvrdost 250 HB) – Střední drážka

Výkresová dokumentace tohoto obrobku je přiložena jako příloha (2).

Nástroj: Hrubování - 4 – břitá stopková fréza AFG 50745 – 100 R1,0

Na čisto - Kulová stopková fréza AFG 50322 – 030 A

Řezné podmínky:

Hrubování

$$f_z = 0,04 \text{ mm}$$

$$l = 88 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 1 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 90 \text{ mm}$$

$$v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 2547 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 407 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 1 \text{ mm}$$

$$i = 15$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f2h} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f2h} = \frac{90 \cdot 15}{407}$$

$$t_{f2h} = 3,32 \text{ min}$$

Přejezdy do řezů: $t_2 = \Sigma i \cdot 2 \text{ s} = 23 \cdot 2 = 0,77 \text{ min}$

$$t_{f2} = 6,09 \div 6 \text{ min}$$

Na čisto

$$f_z = 0,03 \text{ mm}$$

$$l = 88 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 1 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 90 \text{ mm}$$

$$v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 6000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 360 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 0,1 \text{ mm}$$

$$i = 8$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f2\check{c}} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f2\check{c}} = \frac{90 \cdot 8}{360}$$

$$t_{f2\check{c}} = 2 \text{ min}$$

Redukční válec RV 380 – drážka – 28 x 6 – 120 mm (tvrdost 250 HB) – Velká drážka

Výkresová dokumentace tohoto obrobku je přiložena jako příloha (3).

Nástroj: Hrubování - 4 – břitá stopková fréza AFG 50745 – 100 R1,0

Na čisto - Kulová stopková fréza AFG 50322 – 030 A

Řezné podmínky:

Hrubování

$$f_z = 0,04 \text{ mm}$$

$$l = 120 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 1 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 122 \text{ mm}$$

$$v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 2547 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 407 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 1 \text{ mm}$$

$$i = 18$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f3h} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f3h} = \frac{122 \cdot 18}{407}$$

$$t_{f3h} = 5,39 \text{ min}$$

Přejezdy do řezů: $t_3 = \sum i \cdot 3 \text{ s} = 27 \cdot 3 = 1,35 \text{ min}$

$$t_{f3} = 9,79 \div 10 \text{ min}$$

Na čisto

$$f_z = 0,03 \text{ mm}$$

$$l = 120 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 1 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 122 \text{ mm}$$

$$v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 6000 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 360 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 0,1 \text{ mm}$$

$$i = 9$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f3č} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f3č} = \frac{122 \cdot 9}{360}$$

$$t_{f3č} = 3,05 \text{ min}$$

Redukční válec RV 300 – drážka – 22 x 5,5 – 106 mm (tvrdost 520 HB) – Střední drážka

Výkresová dokumentace tohoto obrobku je přiložena jako příloha (6).

Nástroj: Hrubování - 4 – břitá stopková fréza AFG 50146 – 100 R1,0

Na čisto - 4 – břitá stopková fréza AFG 50146 – 100 R1,0

Řezné podmínky:

Hrubování

$$f_z = 0,04 \text{ mm}$$

$$l = 106 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 2 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 110 \text{ mm}$$

$$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 1270 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 203 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 0,5 \text{ mm}$$

$$i = 33$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f4h} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f4h} = \frac{110 \cdot 33}{203}$$

$$t_{f4h} = 17,88 \text{ min}$$

Přejezdy do řezů: $t_4 = \Sigma i \cdot 2,5 \text{ s} = 27 \cdot 2,5 = 1,5 \text{ min}$

$$t_{f4} = 20,3 \text{ min}$$

Na čisto

$$f_z = 0,04 \text{ mm}$$

$$l = 106 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 2 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 110 \text{ mm}$$

$$v_c = 70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 2230 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 357 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 0,1 \text{ mm}$$

$$i = 3$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f4č} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f4č} = \frac{110 \cdot 3}{357}$$

$$t_{f4č} = 0,92 \text{ min}$$

Redukční válec RV 360 – drážka – 25 x 5 – 145 mm (tvrdost 67 HRC) – Velká drážka

Výkresová dokumentace tohoto obrobku je přiložena jako příloha (7).

Nástroj: Nástroj: Hrubování - 4 – břitá stopková fréza AFG 50146 – 100 R1,0

Na čisto - 4 – břitá stopková fréza AFG 50341 – 060

Řezné podmínky:

Hrubování

$$f_z = 0,04 \text{ mm}$$

$$l = 145 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 1 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 147 \text{ mm}$$

$$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 1270 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 203 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 0,2 \text{ mm}$$

$$i = 100$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f5h} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f5h} = \frac{147 \cdot 100}{203}$$

$$t_{f5h} = 72,41 \text{ min}$$

Přejezdy do řezů: $t_5 = \Sigma i \cdot 3 \text{ s} = 114 \cdot 3 = 5,7 \text{ min}$

$$t_{f5} = 85,04 \text{ min}$$

Na čisto

$$f_z = 0,02 \text{ mm}$$

$$l = 145 \text{ mm}$$

$$l_n = l_p = 1 \text{ mm}$$

$$L_o = l + l_n + l_p = 147 \text{ mm}$$

$$v_c = 70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$n = 3715 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 297 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$a_p = 0,05 \text{ mm}$$

$$i = 14$$

Výpočet strojního času:

$$t_{f5\check{c}} = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_{f5\check{c}} = \frac{147 \cdot 14}{297}$$

$$t_{f5\check{c}} = 6,93 \text{ min}$$

Přípravek[26], [27]

Přípravek pro uchycení redukčních válců ve stroji je konstruován pro možnost upnutí co největšího počtu možných dílů.

Přípravek pro uchycení redukčních válců se skládá z těchto dílů:

Základna

Poziční pouzdro

Těsné pero

Matice do T – drážek

Závitové tyče

Tyč plochá válcovaná za tepla

Šestihranná matice

Základna (příloha 8)

Základnou přípravku pro frézování redukčních válců je deska, jejíž rozměry odpovídají rozměrům upínacího stolu vertikálního frézovacího centra VMC 70. Deska je vyrobena z oceli ČSN 12 050.6, která je vhodná pro následné zpevnění materiálu (kalení).

Polotovarem pro tuto desku je tlustý plech válcovaný za tepla. Deska je opatřena čtyřmi otvory o průměru $D = 170$ mm a toleranci H7 pro uložení pozičního pouzdra, a tedy i upřesnění polohy obrobku. Drážky pro závitové tyče procházející skrz desku jsou situovány okolo otvorů pro pouzdra ve vzdálenosti od středu otvoru pouzdra, větší, než je poloměr největšího redukčního válce ($R = 250$ mm). Pro zajištění stability a tuhosti desky na stole centra, jsou v základně vyfrézovány 3 drážky pro těsná pera, které budou plnit tuto funkci. Upnutí desky ke stolu společně s těsnými pery zajišťují závitové tyče s maticemi do T – drážek. Deska je vypálena na zakázku dle technické dokumentace.

Poziční pouzdro (příloha 9)

Poziční pouzdro je část přípravku, která vymezuje pozici redukčního válce na upínací desce (základně) a zároveň zaručuje jeho tuhost a stabilitu vůči pohybu ve směru rovnoběžném s upínací deskou přípravku.

Pouzdro je ve tvaru kotouče s dvěma průměry. První průměr o velikosti $D = 170$ mm a toleranci $h7$ je vlastně protikusem k otvoru v základně, který zajišťuje pouzdro proti pohybu ve směru rovnoběžném s plochou stolu. Druhý průměr je rozdílný pro každý redukční válec, jelikož tvar této části pouzdra je protikusem k vybrání na čele válce. Touto částí pouzdra je vymezen válec proti posunutí a na základně. Otvor v pozičním pouzdře má tvar a velikost daného otvoru redukčního válce a zajišťuje tak plynulost frézování celé délky drážky. Poziční pouzdro je vyrobeno ze stejného materiálu jako základna a to oceli ČSN 12 050.6, která je vhodná pro tepelné zpracování a zvýšení tvrdosti plochy, což zabraňuje otlačení stykových ploch mezi pouzdrem a základnou. Tuto součást přípravku je nutno vyrobit pro každý redukční válec.

Těsné pero

PERO 18x7 x 11 x 100 ČSN 02 2562

Těsné pero je prvek přípravku, který zajišťuje pohyb základny po stole centra ve směru rovnoběžném s plochou stolu. Pero je normalizovaná součást dle normy ČSN 02 2562 a je tedy možné jej koupit a ne vyrábět jako předchozí součásti upínacího přípravku. Materiál pera je ocel ČSN 11 600. Pera jsou rozložena tak, že na jedné straně základny zajišťují pohyb v drážkách dva pera a na druhé straně jedno. To zaručuje tuhost základny na stole stroje.

Matice do T - drážky

MATICE M16 x 18 DIN 508/ČSN 02 1529

Matice do T – drážky je další součástí upínacího přípravku, která je normalizovaná. Jde o matici ve tvaru písmene T, která přesně zapadá do upínacích drážek ve stole obráběcího centra. Tyto matice slouží k upnutí redukčního válce k základně a ke stolu stroje pomocí závitových tyčí. Matice se zasune do drážky ve stole a po našroubování a utažení závitové tyče zaručuje pevné spojení. Materiál matice je ocel 1.4305

Závitová tyč

M16 x 300 8.8 DIN 975

Závitová tyč je spojovací součást upínacího přípravku. Na jednom konci je tyč našroubovaná do matice do T – drážky a je vedena skrz frézovanou drážku základny.

Těchto prvků je na přípravku více jelikož, upínají redukční válec na desku a zajišťují tak válec proti pohybu kolmo k ploše stolu.

Tyč plochá válcovaná za tepla

4HR – 30 x 16 ČSN 42 5522.01 – 12 050

Tyč plochá válcovaná za tepla je prvek upínacího přípravku, který zajišťuje upnutí redukčního válce k ploše základny pomocí závitové tyče, matice do T – drážky a šestihranné matice. V tyči, která je opřena o horní čelo redukčního válce jsou vyfrézovány drážky pro průchod závitové tyče, která po zajištění stahuje plochou tyč k obrobku a nedovoluje tak pohyb. Takových to plochých tyčí je na přípravku více a dají se kombinovat například pro upnutí dvou menších redukčních válců lze použít jednu tyč. Materiál tyče je ocel ČSN 12050.

Šestihranná matice

MATICE M16 ISO 4032 - 05

Tato matice slouží jako zajišťovací prvek pro upnutí redukčního válce pomocí plochých tyčí a závitových tyčí. Po opření ploché tyče o čelo redukčního válce je závitová tyč, která je prostrčena drážkou v ploché tyči zajištěna touto maticí a pevně dotažena proti pohybu redukčního válce.

Postup upínání

Základna, tedy upínací deska je položena na stůl vertikálního obráběcího centra VMC 70. Poloha základny je zajištěna třemi těsnými pery proti posuvu základny po stole. Dle druhu a velikosti obráběných redukčních válců jsou do T – drážek umístěny matice a ty jsou posléze našroubovány na závitové tyče, které procházejí základnou a jsou situovány okolo otvorů pro vodící pouzdra, které jsou vybrány dle druhu obráběných válců a vloženy do otvorů. Na připravená vodící pouzdra jsou ustaveny redukční válce, kterým ustavení zabraňuje pohyb po základně a rovněž zaručuje frézování celé délky drážky. Na horní čela redukčních válců jsou přiloženy ploché tyče tak aby drážky v nich lícovaly se závitovými tyčemi a zároveň zajišťovaly redukční válec proti pohybu kolmo k základně. Ploché tyče jsou následně zajištěny šestihrannými maticemi na závitových tyčích.

4. Technicko – ekonomické zhodnocení

Přípravek byl sestrojen tak, aby upnutí redukčních válců bylo z hlediska působících sil co nejstabilnější a bylo možno upnout co největší počet válců na stůl obráběcího centra z hlediska produktivity. Tyto vlastnosti přípravek splňuje, což je možno zjistit z následujícího technicko – ekonomického zhodnocení.

Technické zhodnocení

Očekávaným technickým přínosem využití úhlové hlavy pro výrobu drážek v redukčních válcích je zvýšení přesnosti a produktivity výroby a podstatné snížení výrobních a přípravných časů. Přípravné časy byly pro obrážku určeny dle normativů pro obrážecí stroje, které byly zjištěny statistickým měřením. Pro úhlovou hlavu byl přípravný čas určen statistickým měřením. Tyto hodnoty se porovnávaly u válců s tvrdostí materiálu v oblasti otvoru. Srovnání je pro redukční válce s malou, střední a velkou drážkou.

Tabulka č. 9 – Srovnání časů u redukčního válce RV230 18x4 – 70 – Malá drážka

Operace	Stávající obrážka	Úhlová hlava
Strojní čas	17 min	5 min
Přípravný čas	3 min	4 min

Tabulka č. 10 - Srovnání časů u redukčního válce RV300 22x5 – 88 – Střední drážka

Operace	Stávající obrážka	Úhlová hlava
Strojní čas	20 min	6 min
Přípravný čas	3 min	4 min

Tabulka č. 11 - Srovnání časů u redukčního válce RV380 28x6 – 120 – Velká drážka

Operace	Stávající obrážečka	Úhlová hlava
Strojní čas	36 min	10 min
Přípravný čas	12 min	12 min

Srovnání strojních časů ukázalo, že úspora je u všech srovnávaných redukčních válců minimálně 12 minut, u velkého redukčního válce RV380 úspora dělá dokonce 26 minut. Přípravné časy jsou dle srovnání všech válců takřka stejné. U menších válců, se hodnota tohoto času zvýšila, jelikož upínání obrobku v obráběcím centru je náročnější na počet dílů přípravku.

Druhým zjištěným přínosem úhlové hlavy je, že výroba tímto nástrojem vyřeší problematiku opracování drážek redukčních válců o vysoké tvrdosti. Tyto válce nedovolovala tuhost stávající obrážečky. Úhlová hlava tudíž řeší problematiku budoucí výroby drážek do tvrdých redukčních válců a zajišťuje tak možnost navýšení výroby těchto komponent o další druhy.

Ekonomický přínos

Očekávaným ekonomickým přínosem využití úhlové hlavy je úspora financí při výrobě drážek v redukčních válcích. Tato úspora lze zjistit výpočtem ceny výroby drážky na svislé obrážečce a jejím srovnáním s cenou výroby drážky pomocí úhlové hlavy.

Cena normohodiny stroje:

Svislá obrážečka HOV 25: $k_o = 360 \text{ Kč/h}$

Frézovací centrum VMC 70: $k_u = 720 \text{ Kč/h}$

Redukční válec RV230 18x4 – 70 – Malá drážka

Svislá obrážekčka HOV 25

Úhlová hlava Benz

$$t_{o1} = 17 \text{ min} = 17 / 60 = 0,295 \text{ h}$$

$$t_{o1} = 5 \text{ min} = 5 / 60 = 0,08 \text{ h}$$

$$t_{p1} = 3 \text{ min} = 3 / 60 = 0,05 \text{ h}$$

$$t_{p1} = 4 \text{ min} = 4 / 60 = 0,07 \text{ h}$$

$$k_o = 360 \text{ Kč}$$

$$k_o = 720 \text{ Kč}$$

$$k_c = (t_{o1} + t_{p1}) \cdot k_o$$

$$k_c = (t_{o1} + t_{p1}) \cdot k_o$$

$$k_c = (0,29 + 0,05) \cdot 360$$

$$k_c = (0,08 + 0,07) \cdot 720$$

$$k_c = 108 \text{ Kč}$$

$$k_c = 108 \text{ Kč}$$

Finanční úspora u redukčního válce RV 230 s malou drážkou je nulová.

Redukční válec RV300 22x5 – 88 – Střední drážka

Svislá obrážekčka HOV 25

Úhlová hlava Benz

$$t_{o2} = 20 \text{ min} = 20 / 60 = 0,33 \text{ h}$$

$$t_{f2} = 6 \text{ min} = 6 / 60 = 0,1 \text{ h}$$

$$t_{p2} = 3 \text{ min} = 3 / 60 = 0,05 \text{ h}$$

$$t_{p2} = 4 \text{ min} = 4 / 60 = 0,07 \text{ h}$$

$$k_o = 360 \text{ Kč}$$

$$k_o = 720 \text{ Kč}$$

$$k_c = (t_{o1} + t_{p1}) \cdot k_o$$

$$k_c = (t_{o1} + t_{p1}) \cdot k_o$$

$$k_c = (0,33 + 0,05) \cdot 360$$

$$k_c = (0,1 + 0,07) \cdot 720$$

$$k_c = 136,8 = 137 \text{ Kč}$$

$$k_c = 122,4 = 122 \text{ Kč}$$

Finanční úspora u redukčního válce RV 300 se střední drážkou činí 15 Kč na jeden redukční válec.

Redukční válec RV380 28x6 – 120 – Velká drážka

Svislá obrážekčka HOV 25

$$t_{o3} = 36 \text{ min} = 36 / 60 = 0,6 \text{ h}$$

$$t_{p3} = 12 \text{ min} = 12 / 60 = 0,2 \text{ h}$$

$$k_o = 360 \text{ Kč}$$

$$k_c = (t_{o1} + t_{p1}) \cdot k_o$$

$$k_c = (0,6 + 0,2) \cdot 360$$

$$k_c = 288 \text{ Kč}$$

Úhlová hlava Benz

$$t_{f3} = 10 \text{ min} = 10 / 60 = 0,17 \text{ h}$$

$$t_{p3} = 12 \text{ min} = 12 / 60 = 0,2 \text{ h}$$

$$k_o = 720 \text{ Kč}$$

$$k_c = (t_{o1} + t_{p1}) \cdot k_o$$

$$k_c = (0,17 + 0,2) \cdot 720$$

$$k_c = 266,4 = 266 \text{ Kč}$$

Finanční úspora u redukčního válce RV 380 s velkou drážkou činí 22 Kč na jeden redukční válec.

Předpokládaná finanční úspora na třech srovnávaných válcích za rok

Redukční válec RV230 18x4 – 70 – Malá drážka

Počet vyrobených válců za rok 2014: 437 ks

U redukčních válců s malou drážkou nebylo dosaženo žádné finanční úspory.

Redukční válec RV300 22x5 – 88 – Střední drážka

Počet vyrobených válců za rok 2014: 370 ks

Finanční úspora na jednom redukčním válci: 15 Kč

Finanční úspora za rok = $15 \cdot 370 = 5550 \text{ Kč}$

Redukční válec RV380 28x6 – 120 – Velká drážka

Počet vyrobených válců za rok 2014: 231 ks

Finanční úspora na jednom redukčním válci: 22 Kč

Finanční úspora za rok = $22 \cdot 231 = 5082$ Kč

Celková předpokládaná finanční úspora za rok 2014 by byla 10 632 Kč u srovnávaných redukčních válců. Pokud zde lze připočíst finanční úsporu ze strany odbourání zmetkovitosti výroby, která odhadem činí 228 800 Kč celková finanční úspora za rok 2014 by činila 239 432 Kč a to jen za tři srovnávané redukční válce z celé škály vyráběných. Vysokým finanční přínosem je také možnost rozšíření výroby o redukční válce z tvrdého materiálu.

Závěr

Problematika řešená touto prací byla možnost prokázat přínos využití výroby drážek v redukčních válcích pomocí úhlové hlavy a nahrazení tak stávajícího druhu výroby na, již technickým stavem nevyhovující svislé obrázečce HOV 25. Z počátku byly srovnávány různé možnosti nahrazení stávající výroby například možností výroby na drátové řezačce, která je součástí strojového parku firmy, výroba drážek protahovačkou, výroba na CNC soustruhu nebo repasování již nevyhovujícího stroje. Všechny metody výroby však měly oproti úhlové hlavě jednu, či více nevýhod ze strany technologie výroby nebo po finanční stránce, což se jasně prokázalo po kontaktech a vyjádřeních dodavatelů a distributorů strojů k těmto metodám. Metoda výroby pomocí úhlové hlavy se ukázala jako nejpraktičtější.

Stroj pro úhlovou hlavu VMC 70 je součástí strojového parku a vytížení tohoto stroje není tak velké, aby nepojalo výrobu drážek v redukčních válcích. Pro srovnání výroby na svislé obrázečce a pomocí úhlové hlavy byly vybrány tři druhy redukčních válců s různou velikostí drážky o přibližně stejném chemickém složení materiálu a srovnatelné tvrdosti materiálu v oblasti drážky. Tyto redukční válce byly obrobeny a následně přesunuty na vertikální obráběcí centrum VMC 70 kde byly vyfrézovány drážky pomocí úhlové hlavy. Výsledky ukázaly, že přípravné časy pro obě metody obrábění u všech třech zkoušených válců jsou sice srovnatelné, avšak čisté strojní časy byly u frézování úhlovou hlavou nesrovnatelně nižší než u obrábění na svislé obrázečce. Také přesnost drážky při frézování odpovídala předepsané přesnosti, což zaručuje snížení počtu vyrobených zmetků. Jako testovací obrobky byly použity také válce s tvrdého materiálu v oblasti drážky, jenž původní metoda obrábění na svislé obrázečce nedovolovala obrobit. Tyto obrobky byly frézovány pomocí úhlové hlavy a bylo dosaženo přesných drážek, což umožňuje rozšíření výroby o tyto redukční válce z tvrdých materiálů.

Po příznivých výsledcích testů bylo možno začít s návrhem upínacího přípravku pro produktivní frézování drážek na vertikálním obráběcím centru. Tento upínací přípravek byl navrhován tak, aby bylo možno upnout co nejvíce kusů obrobků na stůl obráběcího centra a byl co možno nejkompatibilnější se všemi druhy redukčních válců. Bylo dosaženo maximálního možného upnutí čtyř kusů do upínacího přípravku s možností upnutí rozdílných druhů redukčních válců pro jednu dávku, což zaručuje vysokou produktivitu výroby.

Po srovnání cen za jednotlivé zkušební redukční válce vyráběné na svislé obrážečce a pomocí úhlové hlavy bylo zjištěno, že na malých válcích obrážených, nevzniká žádná finanční úspora oproti válcům frézovaným, avšak redukční válce se střední a velkou drážkou již finanční úsporu nabízeli a ta by činila zhruba 10000 Kč za rok 2014, což společně s odbouráním ztráty z výroby zmetků na svislé obrážečce a možnosti zařazení redukčních válců z tvrdého materiálu do výroby, znamenalo snížení nákladů na výrobu a zvýšení produktivity výroby těchto dílů.

Seznam příloh

Příloha č. 1 - Výkres redukčního válce RV230

Příloha č. 2 - Výkres redukčního válce RV300

Příloha č. 3 - Výkres redukčního válce RV380

Příloha č. 4 – Tabulka hodnotících parametrů pro výběr úhlové hlavy

Příloha č. 5 – Výkres úhlové hlavy 240WGX00207E5A – 290E

Příloha č. 6 – Výkres redukčního válce RV300 – tvrdost 520 HB

Příloha č. 7 – Výkres redukčního válce RV360 – tvrdost 67 HRC

Příloha č. 8 – Výkres základny přípravku

Příloha č. 9 – Výkres pozičního pouzdra pro redukční válec RV230

Seznam použité literatury

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. Návody do praktických cvičení z Technologie II. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, s. 88. ISBN 978-80-248-2147-4.
- [2] CZ MOOS TRADING. *CZ MOOS TRADING* [online]. [cit. 13.4.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.moostrading.cz/dodavka-stroju-bohler.html>.
- [3] DVOŘÁK, Luděk. *Tribotechnika* [online]. [cit. 15.4.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-32014/obrabeni-podelnych-drazek-na-cnc-strojich.html>.
- [4] DVOŘÁK, Luděk. *Tribotechnika* [online]. [cit. 15.4.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-32014/obrabeni-podelnych-drazek-na-cnc-strojich.html>.
- [5] DVOŘÁK, Luděk. *Obrázení drážek na CNC soustruzích a obráběcích centrech* [online]. [cit. 15.4.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/obrazeni-drazek-na-cnc-soustruzich-a-obrabecich-centrech.html>
- [6] DVOŘÁK, Luděk. *cnckonstrukce* [online]. [cit. 28.1.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.cnckonstrukce.cz/clanek-118/obrazeni-drazek-na-cnc-soustruzich-a-obrabecich-centrech.html>).
- [7] SVOBODA, Jiří. *Diplomová práce* [online]. [cit. 14.4.2015]. Dostupný na WWW: <file:///C:/Users/%C5%A0akal/Downloads/Svoboda,%20Ji%C5%99%C3%AD.%20Nekonven%C4%8Dn%C3%AD%20technologie%20elektroerozivn%C3%ADho%20dr%C3%A1tov%C3%A9ho%20C5%99ez%C3%A1n%C3%AD..pdf>
- [8] HUMÁR, Anton. VUT BRNO. *Technologie I: Technologie obrábění - 3.část* [online]. 2005 [cit. 14.4.2015]. Dostupný na WWW: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf
- [9] MAŇKOVÁ, Ildikó. *Progresívne technológie*. 1. vyd. Košice: Viena, 2000. 275 s. ISBN 80-7099-430-4. 275 s. ISBN 80-7099-430-4.
- [10] KUCHAR, Dušan. *Rotační nástrojové systémy* [online]. [cit. 15.4.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/rotacni-nastrojove-systemy.html>

- [11] KUCHAŘ, Dušan. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 15.4.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/rotacni-nastrojove-systemy.html>.
- [12] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [13] ČADA, Radek. *Technologie tváření a slévání: Zápustkové kování a slévání (Návody do cvičení)*. 1. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2013, 126. ISBN 978-80-248-2274-7.
- [14] SZCZYGIEL, Pavel. *Bakalářská práce: Výroba trubek tvářením* [online]. [cit. 8.4.2015]. Dostupný na WWW: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=83560
- [15] SZCZYGIEL, Pavel. *Bakalářská práce: Výroba trubek tvářením* [online]. [cit. 8.4.2015]. Dostupný na WWW: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=83560
- [16] GIRŠOVIČ, N. *Šedá litina*. Přeložil Jiří Brabec. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955, 2. svazky.
- [17] BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, 2007, ISBN 978-80-248-1505-3.
- [18] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [19] SIKORA. *Dílenské normativy pro obrábění*. Třinec: Třinecké železářny a.s., 1980, ISBN DN-SO-01-80.
- [20] BORO VAN, Petr. *Snižování výrobních nákladů bez velkých investic* [online]. [cit. 27.4.2015]. Dostupný na WWW: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/snizovani-vyrobnich-nakladu/snizovani-vyrobnich-nakladu-bez-velkych-investic-10_27174.html
- [21] BENZ GMBH. *Provozní návod pro úhlovou hlavu*. Haslach: BENZ GmbH, 2014,

[22] MLNAŘÍK, Jiří. *Vertikální obráběcí centra VMC 70* [online]. [cit. 22.4.2015].

Dostupný na WWW:

<http://www.kovonet.cz/index.php?kategorie=0&type=recordInfo&sub=z&ID=64070>

[23] MLNAŘÍK, Jiří. *Kovonet* [online]. [cit. 22.4.2015]. Dostupný na WWW:

<http://www.kovonet.cz/index.php?kategorie=0&type=recordInfo&sub=z&ID=64070>

[24] DOLEŽALOVÁ, Petra. *Diplomová Práce* [online]. [cit. 27.4.2015]. Dostupný na WWW: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64126.

[25] ARNO WERKZEUGE. *ARNO Werkzeuge* [online]. [cit. 27.4.2015]. Dostupný na

WWW: http://pdf.directindustry.com/pdf/arno/highest-quality-high-performance-tooling/17568-387677-_205.html.

[26] PÍČ, Josef; CHVÁLA, Břetislav. *Přípravky: Výpočet a konstrukce přípravků s příklady ze strojírenství*. 1. Praha: ROH, 1961, 187.

[27] STUHLÍK, Alexandr. *Přípravky: Význam a konstrukce*. 1. Praha: Národní práce, 1944, 475. Odborná knižnice Škol práce NOÚZ.